

La mancha bacteriana de los frutales de hueso y del almendro (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*) en España y Sudamérica

Ana Palacio-Bielsa, Isabel M. Berruete (Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón, CITA, España. apalaciob@aragon.es).

María M. López, Javier Peñalver, Clara Morente (Instituto Valenciano de Investigaciones Agrarias, IVIA, España).

Jaime Cubero, Jerson Garita-Cambronero, Pilar Sabuquillo, Cristina Redondo (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria, INIA, España).

Maríel Mitidieri (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, INTA, Argentina).

César Bauer Gomes, Bernardo Ueno, Luís Antônio Suíta de Castro (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, EMBRAPA-CPACT, Brasil).

Carolina Leoni (Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, INIA, Uruguay).

Elisa Silvera (Departamento de Protección Vegetal, Facultad de Agronomía, Universidad de la República, Uruguay).

La Red FRUTSAN 112RT0441, perteneciente al Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), se inició en 2011 y en él participan investigadores de España, Argentina, Bolivia, Brasil, Chile y Uruguay. El objetivo de FRUT-SAN es profundizar en el conocimiento científico-tecnológico de las principales enfermedades y plagas que afectan el cultivo de los frutales de hueso para optimizar conjuntamente las estrategias de control integrado. En este trabajo se revisan comparativamente la situación y conocimientos sobre la mancha bacteriana de los frutales de hueso y del almendro (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*) en España y Sudamérica.

Palabras clave: *Prunus* spp., FRUTSAN-CYTED, epidemiología, diagnóstico, control, avances

INTRODUCCIÓN

La mancha bacteriana de los frutales de hueso y del almendro, causada por *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* (sin. *Xanthomonas campestris* pv. *pruni*), está considerada en la actualidad como la bacteriosis más grave de los frutales de hueso. Los síntomas consisten en manchas en hojas, chancros en ramas, lesiones en frutos que disminuyen su valor comercial y, además, los árboles afectados pueden sufrir severas defoliaciones que los debilitan disminuyendo progresivamente su productividad (Fotos 1 a 3). Los hospedadores naturales de *X. arboricola* pv. *pruni* son tanto las especies cultivadas del género *Prunus* como sus híbridos y especies ornamentales.

La enfermedad fue descrita por primera vez en Michigan (EE UU) en ciruelo japonés y actualmente está presente en los cinco continentes en casi todos los países donde se cultivan frutales de hueso (EPPO, 2014). *X. arboricola* pv. *pruni* está clasificada como organismo de cuarentena tanto por la Unión Europea (UE) (DOCE, 2000 y modificaciones) como por la European and Mediterranean Plant Protection Organization (EPPO) (EPPO, 2003), y debe mantenerse bajo control oficial para evitar su introducción y dispersión. *X. arboricola* pv. *pruni* no está considerada como un patógeno de cuarentena en varios países de Sudamérica.

Importancia del cultivo de *Prunus* spp. en España y Sudamérica

España. Es uno de los principales productores de fruta de hueso, situándose en 2012 entre los 10 primeros países del mundo en la producción de melocotón, nectarina, cereza, albaricoque y ciruela. En Extremadura, Andalucía y la zona mediterránea

se cultivan principalmente variedades de ciruelo japonés, mientras que en zonas más frías están más extendidas las variedades de ciruelo europeo. A diferencia de Sudamérica, el cultivo del almendro tiene gran importancia, siendo el segundo productor mundial (FAO, 2012; MAGRAMA, 2013) (Cuadro 1).

Argentina. Entre las distintas zonas productoras

destaca Cuyo, al oeste del país, por la importancia de las superficies cultivadas de ciruelo, melocotonero, albaricoquero y cerezo. En esta región existen, además, 4.000 ha de almendro aproximadamente. La Patagonia cuenta con tres zonas de producción importantes de melocotón y cereza: Valle del Río Negro, zona cordillerana y Colonia Sarmiento (provincia de Chubut). Otra zona destacable es el litoral norte de la provincia

de Buenos Aires (Sanchez, com. personal) (Cuadro 1).

Brasil. Melocotonero, nectarino y ciruelo se cultivan principalmente en las regiones templadas del sur y sudeste del país (Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo y Minas Gerais). El melocotonero, con numerosos cultivares locales, fue introducido en Brasil hace más de 480 años y constituye cerca del 80% de la producción total de los frutales de hueso (FAO, 2012). La producción de melocotón se destina exclusivamente al mercado interno, mientras que la de nectarina es poco significativa debido a la falta de cultivares competitivos frente a las importaciones. El ciruelo japonés se encuentra en expansión actualmente (Fachinello y col., 2011) (Cuadro 1).

Uruguay. El mayor volumen de producción de fruta fresca se concentra en la región sur, en los Departamentos de Canelones, Montevideo, Colonia y San José. En la región norte, en Bella Unión y Salto, se concentra la cosecha de fruta muy temprana. Las producciones más importantes corresponden al melocotón, seguido por la ciruela, no habiendo producción comercial de otros frutales de hueso (MGAP-DIEA, 2015) (Cuadro 1).

Situación de la mancha bacteriana en España y Sudamérica

En Europa, la mancha bacteriana de los frutales de hueso está declarada únicamente en algunos países del este como Rumania, además de en Italia, España, Francia, Países Bajos y Suiza. En algunos de ellos está ampliamente distribuida, mientras que en otros solo se han registrado brotes aislados y se encuentra en proceso de erradicación (EPPO, 2014). En América, la enfermedad está presente en Argentina, Bermuda, Brasil, Canadá, EE UU, Méjico y Uruguay (EPPO, 2014).

España. La enfermedad se detectó por primera vez en Badajoz en el año 2002, y en los años siguientes se han identificado brotes en Valencia, Alicante, Zaragoza, Huesca, Lérida, Tarragona, Navarra, Mallorca y Huelva, afectando a melocotonero, nectarino, ciruelo, almendro y diversos patrones de frutales (Palacio-Bielsa y col., 2014). Actualmente se considera una enfermedad no establecida, para cuyo control se han adoptado medidas de erradicación, especialmente en vivero.

Los primeros estudios realizados en España en



Foto 1. Chancros en ramas de ciruelo. (Foto: B. Ueno).

	Superficie cultivada (ha)				Producción (t)			
	España	Argentina	Brasil	Uruguay	España	Argentina	Brasil	Uruguay
Melocotonero y nectarino	70.776	21.200	19.155	1.634	747.200	290.000	232.987	19.040
Cerezo y guindo	23.349	2.200	---	---	98.400	6.500	---	---
Albaricoquero	16.015	1.650	---	---	119.400	ND	---	---
Ciruelo y endrino	15.101	23.700	3.446	266	205.300	150.000	31.300	2.200
Almendro	503.070	4.200	---	---	215.100 ^b	650 ^b	---	---

^a No hay producción comercial; ND: datos no disponibles; ^b Almendra con cáscara. (Fuentes: FAO, 2012; AGRANUAL, 2013; MAGRAMA, 2013; MGAP-DIEA, 2015)

Cuadro 1. Datos comparativos de superficies cultivadas y producción de frutales de hueso y almendro en España y Sudamérica.

almendro señalan que, en condiciones favorables para el desarrollo de la enfermedad, pueden llegar a producirse mermas de hasta el 47% de la cosecha en cultivares sensibles.

Argentina. La mancha bacteriana provoca daños importantes en la provincia de Buenos Aires, ya que es la zona más húmeda donde se cultivan *Prunus*. La presencia del patógeno en esta zona limita la producción del ciruelo y de algunas variedades de melocotonero muy sensibles, especialmente las de origen californiano. Se han registrado daños muy graves en años de intensas precipitaciones (Mitidieri y Ros, 2001). En el sur del país, en Alto Valle y Río Colorado, *X. arboricola* pv. *pruni* suele causar daños en plantaciones de melocotonero protegidas contra helada mediante equipos de riego por aspersión, y en aquellas donde no se realizan tratamientos preventivos. La enfermedad también se ha observado en las provincias de Santa Fé y Córdoba.

Brasil. *X. arboricola* pv. *pruni* fue identificada hace más de 50 años en ciruelo en São Paulo, y años después se detectó en melocotonero y ciruelo en Santa Catarina (1971), Rio Grande do Sul (1973) y Paraná (1977) (Fortes y Martins, 1998). Actualmente, el patógeno está ampliamente diseminado en todas las regiones del sur y sudeste del país en las que se cultivan frutales de hueso debido al uso de material de reproducción infectado.

La enfermedad es más frecuente en áreas con suelos arenosos poco fértiles, humedad y temperatura elevadas y exposición al viento, donde ocasiona graves pérdidas y dificulta seriamente la producción de frutales de hueso (May De Mio y col., 2014).

Los problemas causados por *X. arboricola* pv. *pruni* se ven agravados por su interacción con el nematodo ectoparásito *Mesocriconema xenoplax* (sin. *Criconebella xenoplax*). Este patógeno se considera un factor primario en el desarrollo del síndrome conocido como 'muerte precoz del

melocotonero' caracterizado por el colapso y muerte de los árboles (Ritchie y Clayton, 1981), descrito en EE UU, Méjico y sudeste de Brasil. Los melocotoneros parasitados por *M. xenoplax* son más sensibles a la defoliación causada por *X. arboricola* pv. *pruni*, aunque esta interacción parece ser menos pronunciada si están injertados sobre patrones tolerantes al nematodo (Zehr y col., 1976). En Brasil, *M. xenoplax* está ampliamente distribuido en plantaciones de melocotonero del extremo sur del país (Carneiro y col., 1993). Además, no se dispone de nematicidas registrados para su uso en frutales de hueso ni de patrones comerciales resistentes al nematodo (Gomes y col., 2014).

Uruguay. En la década de 1960 la enfermedad se restringía a variedades tardías de melocotonero, pero en la década de los 80, con la introducción del cultivar 'Earligrande' y otros materiales procedentes de Texas (EE UU), su incidencia se extendió a otros cultivares abarcando las diferentes épocas de cosecha (Soria, 2004). Actualmente *X. arboricola* pv. *pruni* está establecida en el país y se encuentra ampliamente distribuida en toda el área de producción de melocotonero, nectarino y ciruelo, siendo una de las principales enfermedades del melocotonero. En años favorables para la enfermedad, las pérdidas en rendimiento en las variedades sensibles pueden superar el 50%, y si se consideran las pérdidas por calidad debido a defectos en la piel, las mermas superan el 80% en algunos nectarinos como 'Zaitabo' ('Big Top').

Métodos de prevención y control en España y Sudamérica

La mancha bacteriana es una grave enfermedad ocasionada por una bacteria de fácil diseminación y para la que no existen métodos de control químico eficaces. Por ello, el control debe estar basado en una estrategia integrada que contemple medidas preventivas, combinadas con las dirigidas a minimizar la sensibilidad del hospedador, la diseminación del patógeno y sus niveles de inóculo, así como la optimización de los tratamientos y del entorno en el cual se establece la plantación.

En Argentina, Brasil y Uruguay, el control de la enfermedad está basado en el uso combinado de cultivares resistentes o poco sensibles, prácticas culturales como el uso de cortavientos y tratamientos químicos preventivos.



Foto 2. Síntomas en frutos. (A) Melocotonero (B) Ciruelo (C) Síntomas iniciales en fruto joven de almendro (derecha) y su evolución (izquierda). (Fotos: B. Ueno; M. A. Cambra).

Evitar la diseminación mediante material vegetal

En España se aplica la normativa europea, que contempla únicamente la inspección visual anual en vivero del material dirigido a la plantación, excepto las semillas (DOCE, 2000 y sus modificaciones). Esta medida resulta insuficiente, puesto que es sabido que *X. arboricola* pv. *pruni* sobrevive en las yemas durante el invierno y son frecuentes las infecciones latentes. Es necesario realizar análisis mediante técnicas que permitan la detección precoz del patógeno en plantas sin síntomas para minimizar el riesgo de su introducción en nuevas plantaciones.

En Argentina existe una normativa del INASE (Instituto Nacional de Semillas) relativa a la sanidad de los frutales de hueso (Resolución 834/05). Los viveristas deben contar con plantas madre certificadas como libres de *Plum pox virus* (sharka), y en plantas de vivero es obligatorio controlar tanto *X. arboricola* pv. *pruni* como otros patógenos que pueden comprometer la sanidad futura.

En Brasil, en plantas de vivero, se admite la presencia de síntomas de esta bacteriosis hasta en un 3% de las mismas para el material estándar 'supervisado', pero se exige la ausencia de síntomas en el material estándar 'certificado'.

En el caso de Uruguay, la normativa legal regula la sanidad respecto a varias bacterias, virus y nematodos fitopatógenos, pero no existe una normativa que regule la sanidad de las plantas de vivero respecto a *X. arboricola* pv. *pruni*.

Elección de cultivares (sensibilidad varietal)

Aunque existe información sobre la sensibilidad varietal de diversas especies de *Prunus* a la mancha bacteriana, la elección del cultivar suele estar más supeditada al interés comercial que a las consideraciones fitosanitarias, tanto en España como en Sudamérica. Por otra parte, la escasez de germoplasma de *Prunus* spp. con resistencia a *X. arboricola* pv. *pruni* supone una seria limitación.

En España apenas se dispone de información sobre la sensibilidad a *X. arboricola* pv. *pruni* de los cultivares de frutales de hueso en nuestras condiciones de cultivo. El melocotonero es la especie que muestra un mayor dinamismo varietal, apareciendo cada año numerosas novedades en el mercado. Algunos de los cultivares predominantes en España, como los de la serie 'Babygold', 'Catherina' y 'Royal Glory', se consideran en la bibliografía como sensibles o muy sensibles. También son sensibles algunos de nuestros principales cultivares



Foto 3. Severas defoliaciones de melocotoneros del cultivar 'Elegant Lady' en Argentina. (Foto: M. Mitidieri).

Resistentes	Moderadamente resistentes	Moderadamente sensibles			Levemente sensibles		Sensibles		Muy sensibles	
Brasil	Brasil	Argentina	Brasil	Uruguay	Argentina	Argentina	Brasil	Argentina	Uruguay	
'Esmeralda'	'Chiripi'	'Comet'	'Ametista'	'Carolina'	'Don Agustín'	'Aniversario'	'Aurora 1'	'Caled'	'Earlgrande'	
'Leonense'	'Chimarrut'	'Dixland'	'BR-1'	'Dixland'	'Flordistar'	'Elegant Lady'	'Bini'	'O'Henry'	'Opcedo'	
'Precocinho'	'Chirui'	'Don Agustín'	'Cai'	'Fantasia'	'Lara'	'Fayette'	'BR-2'	'Rich Lady'	'Pavia Canario'	
'Vanguardia'	'Convênio'	'Earlgrande'	'Colibn'	'June Gold'	'Red Globe'	'Flavorcrest'	'BR-3'	'Spring Lady'	'Otros Pavia'	
	'Maravilha'	'Flordaking'	'Coral'	'Rey del Monte'	'San Pedro 16-33'	'Forastero'	'Della Nona'	'Zee Lady'		
	'Marli'	'Ginat'	'Eldorado'		'Tropicsnow'	'Independencia'	'Doçura'			
		'Hermosillo'	'Magno'			'Maycrest'	'Doudão'			
		'Jersey Queen'	'Natal'			'Red Top'	'Joia'			
		'June Gold'	'Planalto'			'Rich May'	'Ouro de Mel'			
		'Lara'	'Rei da Conserva'			'Royal Glory'	'Pérola de Mairimque'			
		'Maria Blanca'	'Riograndense'			'Sugar Lady'	'Springcrest'			
		'Red Haven'				'White Lady'	'Vila Nova'			
		'Tropicsnow'								

*Considerado como moderada o levemente sensible en Uruguay

(Fuentes: Valentini, 2012; May De Mio y col., 2014; Soría y Pisano, 2014; MGAP-DIEA, 2015)

*Considerado como moderada o levemente sensible en Uruguay

(Fuentes: Valentini, 2012; May De Mio y col., 2014; Soria y Pisano, 2014; MGAP-DIEA, 2015)

Cuadro 2. Sensibilidad de cultivares de melocotonero y nectarino en Argentina, Brasil y Uruguay.

Resistentes	Moderadamente resistentes	Muy sensibles
'América' 'Bruce' 'Burbank' 'D'Agen' 'Stanley'	'Ozark Premier' 'Methley' 'Wade'	'Amarelinha' 'Carmesin' 'Frontier' 'Harry Pickstone' 'Reubennel' 'Rosa Mineira' 'Santa Rosa' 'Wickson'

(Fuente: May De Mio y col., 2004).

Cuadro 3. Sensibilidad de cultivares de ciruelo en Brasil.

de nectarino, como 'Fantasia' y 'Snow Queen'. Los cultivares más importantes de albaricoquero a nivel nacional ('Búlida' y 'Canino') están descritos como poco sensibles, pero 'Paviot, cultivar común en Aragón, es muy sensible. Se sabe que el ciruelo

japonés, que precisamente ha experimentado un mayor aumento de superficie cultivada en España, es más sensible que el ciruelo europeo. Respecto al almendro, tradicionalmente se cultivan variedades de floración temprana, destacando 'Guara', que



Simposio Nacional de **ALMENDRO** y otros **FRUTOS SECOS**

Fira de Lleida • 24 | 09 | 2015

www.jornadasfruticultura.com

Organizan:



Fruticultura



ha representado más del 50% de las nuevas plantaciones en los últimos años y que, junto con 'Vayro', es muy sensible, mientras que 'Constanti' parece serlo menos (Palacio-Bielsa y col., 2010).

En Argentina, en la provincia de Buenos Aires, se ha realizado una clasificación de los cultivares de melocotonero de acuerdo a su grado de sensibilidad (Valentini, 2012) (Cuadro 2).

La sensibilidad relativa de algunos cultivares de melocotonero y ciruelo en Brasil (May De Mio y col., 2004; May De Mio y col., 2014) se presenta en los Cuadros 2 y 3, respectivamente.

En Uruguay, la época de cosecha de melocotón se extiende de octubre a marzo y la mayoría de los cultivares son alta o moderadamente sensibles. Los melocotoneros muy tempranos (cosecha en octubre) y tardíos (marzo) son altamente sensibles, mientras que los cultivares tempranos (diciembre) y de estación (enero) presentan una sensibilidad media baja. Los cultivares de nectarino muestran una sensibilidad media (Soria y Pisano, 2014; MGAP-DIEA, 2015) (Cuadro 2).

Técnicas de cultivo

Las prácticas culturales se han revelado como importantes en el control de la enfermedad. Se debe eliminar el material que muestre síntomas, incluyendo las hojas infectadas que caen, los frutos que permanecen adheridos al árbol y los chancros de invierno, primavera o verano que sirven de refugio para la bacteria, especialmente en ciruelo. La desinfección de las herramientas de poda es otra medida que contribuye a prevenir la diseminación de *X. arboricola* pv. *pruni*.

Los suelos ligeros y pedregosos, y una fertilización con exceso de nitrógeno aumentan la sensibilidad del hospedador, favoreciendo el desarrollo de las infecciones. Se debe evitar establecer nuevas plantaciones en suelos con presencia del nematodo *M. xenoplax*.

El uso de cortavientos se ha mostrado eficaz en el control de la enfermedad, pero deben mantenerse desprovistos de ramas en su parte inferior para permitir una buena ventilación (Foto 4). En Uruguay se ha demostrado que solamente mediante el uso de cortavientos se puede disminuir la incidencia de la enfermedad hasta un 70% (Pagani y col., 1997). Contribuyen además al control de la bacteriosis al minimizar las microfisuras en la lámina foliar y la apertura estomática, disminuyendo así las vías de entrada de la bacteria. También presentan un efecto positivo sobre el rendimiento en fruta al disminuir el estrés físico e hídrico por una menor evapotranspiración.



Foto 4. Cortina cortavientos de *Casuarina* sp. (izquierda) en una plantación de melocotonero en Argentina, en la que se están realizando tratamientos de invierno. (Foto: M. Mitidieri).

Control químico

En España, únicamente están autorizados algunos compuestos cúpricos para combatir las bacteriosis de los frutales de hueso (hidróxido cúprico, oxiclورو cuprocálcico, oxiclورو de cobre, óxido cuproso, sulfato cuprocálcico y sulfato tribásico de cobre) (MAGRAMA, 2012). Se autoriza un máximo de tres aplicaciones anuales, en el periodo comprendido entre la recolección y la floración, y utilizando una cantidad máxima de cobre por hectárea al año que depende del compuesto utilizado. En el caso del almendro, no existen tales limitaciones, siendo la propia rentabilidad del cultivo la que condiciona los tratamientos. Asimismo, hay que tener en cuenta la limitada eficacia del cobre, su baja persistencia y capacidad de penetración en la planta y el riesgo de fitotoxicidad, además de la tendencia a minimizar su uso en la UE (DOUE, 2009). Considerando estas limitaciones, los momentos de tratamiento se reducen a uno a la caída de hojas, tanto para proteger las heridas de las axilas como para evitar que *X. arboricola* pv. *pruni* se refugie en las yemas; y otro tratamiento entre el desborre y el estado fenológico de botón rosa o blanco (justo antes de la floración), con objeto de reducir las poblaciones bacterianas y disminuir el riesgo de infecciones primarias. Aunque no hay productos de azufre registrados para su uso contra bacteriosis en frutales de hueso, su elección para el control del oídio es recomendable en aquellas plantaciones con problemas de *X. arboricola* pv. *pruni*, dado que parece ejercer un cierto efecto de control de la bacteria.

En Argentina se utilizan tratamientos preventivos con productos cúpricos. Se recomiendan dos aplicaciones, al 25 y 75% de caída de hojas, de oxiclورو de cobre al 3.5%. También se realizan tratamientos en invierno con oxiclورو de cobre al 5%, que pueden alternarse año por medio con polisulfuro de calcio si las infecciones han sido leves. En caso de haberse registrado ataques muy intensos en la campaña anterior, o que se esperen primaveras muy húmedas, se realizan aplicaciones preventivas con dosis bajas de cobre al 1.5% hasta comienzos de floración y al 1% hasta caída de envolturas florales, acompañando con ziram (200 g/hl) en cada caso (Mitidieri, 2012).

En Brasil, los productos autorizados son compuestos de cobre, ditanon, dodina, captan y sulfato zinc. La aplicación de productos cúpricos puede realizarse tras la poda de invierno y hasta la floración, y a caída de hojas (tratamientos al 25% y 75% de hojas caídas). En primavera y verano se recomienda el tratamiento con ditanon, cuya eficacia es similar a la del cobre, pero que además permite el control de enfermedades fúngicas (May De Mio y col., 2014).

En Uruguay, experimentos realizados en INIA, mostraron que el momento de mayor sensibilidad de la fruta es el periodo comprendido entre la caída de pétalos y el inicio del endurecimiento del hueso (Cuadro 4) (Pagani y col., 2001). Debido al efecto fitotóxico de los productos a base de cobre durante este periodo, la fruta puede protegerse con una mezcla de sulfato de zinc 22% neutralizada con cal, la cual proporciona un mejor control que el sulfato

de streptomycin (Pagani y Silvera, 1998). Estos tratamientos se deben complementar con productos cúpricos a yema hinchada, para disminuir la cantidad de inóculo y retardar la aparición de la enfermedad, y a caída de hojas. Es importante destacar que todas las aplicaciones fitosanitarias deben realizarse preventivamente 24 a 48 h antes de una lluvia.

Modelos de predicción de riesgos

En España se está trabajando en el desarrollo de un modelo de predicción de la infección por *X. arboricola* pv. *pruni*, que combina parámetros ambientales, como la temperatura y la humedad relativa, con la humectación foliar. Este modelo permitiría el asesoramiento sobre el riesgo de infección y de la aparición de síntomas en programas de control y vigilancia de la enfermedad. Aunque ya existe el precedente de un modelo de predicción de infecciones en melocotonero desarrollado en Francia, los modelos deben ser evaluados para todos los cultivos sensibles y en distintas áreas geográficas.

Avances recientes en el conocimiento de la mancha bacteriana de los frutales de hueso y almendro y la biología de *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*

Esta enfermedad ha suscitado un gran interés en los últimos años, y actualmente es objeto de investigaciones dirigidas a profundizar en el conocimiento de la biología de *X. arboricola* pv. *pruni*, así como al desarrollo de métodos para su detección, identificación y caracterización.

Respecto a los métodos de detección, utilizados en el control preventivo, destacan los protocolos basados en técnicas de amplificación de ácidos nucleicos por PCR (reacción en cadena de la polimerasa) en sus distintas modalidades. Inicialmente se utilizó PCR convencional, pero más adelante se han diseñado estrategias de PCR en tiempo real a partir de lavados o extractos de plantas, con o sin etapas previas de cultivo bacteriano. Más recientemente, se han ensayado protocolos que combinan la utilización de técnicas serológicas y PCR, o la amplificación isoterma de ácidos nucleicos mediante la tecnología LAMP (amplificación isoterma) (Bühlman y col., 2013). El interés de la mayor parte de estas técnicas se ha evaluado en revisiones publicadas al respecto (Palacio-Bielsa y col., 2012).

ISE(%)* en Experimentos con protección física (embolsado de flores y/o frutos con papel parafinado)					
	Siempre descubierto	Cubierto de floración a caída de pétalos	Cubierto de floración a caída de restos florales	Cubierto de floración a endurecimiento del hueso	Siempre cubierto (floración a fin crecimiento del fruto)
Cv. 'O'Henry' Las Brujas (1997-1998)	50.97 a**	34.03 b	---	14.9 c	0.60 d
Cv. 'Flordaking' Tacuarembó (1998-1999)	40.93 a	---	18.57 ab	21.67 ab	0.00 c
ISE(%)* en experimentos con protección química (300 g sulfato de zinc 22% + 200 g cal/ 100 l)					
	Siempre descubierto	Cubierto de floración a caída de restos florales	Cubierto de floración a endurecimiento del hueso	Siempre cubierto	
Cv. 'O'Henry' Las Brujas (1997-1998)	1.87 a	---	---	0.77 b	
Cv. 'Flordaking' Tacuarembó (1998-1999)	50.37 a	17.31 b	---	21.86 b	
	Siempre descubierto	Cubierto de plena flor a endurecimiento del hueso	Cubierto de caída pétalos a endurecimiento del hueso	Cubierto de caída pétalos a cosecha	
Cv. 'Pavia Canario' Canelón Chico (2001-2002)	20.91 a	---	14.23 b	14.76 b	

* ISE (%) = $\Sigma G \cdot n / 100 \cdot 5 \cdot N$ (n: número de frutas para cada nivel de daño; N: número de frutas totales; G: nivel de daño en una escala 0-4, donde 0=sin daño, 1= 0.5 a 5% de la superficie de fruta afectada, 2= 5.5 a 30% de la superficie afectada, 3= 30 a 50% de la superficie afectada, 4 más del 50% de la superficie afectada).

** Datos seguidos de la misma letra en la fila no difieren significativamente al 5% según Prueba de Duncan. Para el análisis estadístico los datos de ISE (%) fueron transformados para su normalización.

Cuadro 4. Índice de severidad de la mancha bacteriana en fruta para cosecha (ISE) obtenidos en empleando protección física o química en diferentes estados fenológicos del cultivo en Uruguay (Tomado de Leoni, 2004).

En los últimos años también se ha prestado especial atención a la identificación y caracterización molecular de cepas de distintas áreas geográficas para determinar sus posibles relaciones epidemiológicas. Igualmente, se están caracterizando genotípica y fenotípicamente aislados de *X. arboricola* pv. *pruni* con objeto de intentar establecer su posible implicación en el desarrollo de la enfermedad en distintas especies.

Cabe destacar también la reciente secuenciación del genoma completo de cepas de *X. arboricola* pv. *pruni*, entre ellas algunas españolas, que ha abierto la posibilidad de ampliar el conocimiento sobre los mecanismos de infección de esta bacteria (Garita-Cambronero y col., 2014). Además, los estudios genéticos han permitido descubrir cepas que inicialmente podían ser consideradas como *X. arboricola* pv. *pruni*, y que hoy en día se han clasificado dentro de otros grupos taxonómicos.

Finalmente, los estudios que se están realizando inciden en aspectos poco conocidos de la biología de esta bacteria, como su detección en plantas generadas a partir de semillas infectadas de almendro y el consiguiente riesgo en la diseminación de la enfermedad. Asimismo, se están estudiando los mecanismos que pueden jugar un papel importante en los estadios iniciales de la infección, como la capacidad de la bacteria para moverse o agregarse en superficies formando complejos entramados o biopelículas que

contribuyan a su mejor supervivencia y que puedan ser claves para su control.

Conclusiones

X. arboricola pv. *pruni* sigue siendo un problema grave para los cultivos de frutales de hueso y almendro en España y Sudamérica. Tanto las investigaciones encaminadas a mejorar los actuales métodos de diagnóstico de la enfermedad para evitar su introducción en nuevas áreas o limitar su diseminación allí donde está establecida, como aquellas dirigidas a definir los mecanismos y procesos que median la interacción bacteria-planta, son fundamentales para un mejor control de la mancha bacteriana de los frutales de hueso y del almendro.

Es necesario recordar que la enfermedad es endémica en muchas zonas de Sudamérica, por lo que el material vegetal introducido de esos países debe ser sometido a cuarentena y controlado mediante análisis en centros especializados.

Por otro lado, es necesario avanzar en los estudios epidemiológicos y de manejo de la enfermedad. Las limitaciones actuales que existen al uso de fitosanitarios en la UE (por sus riesgos ambientales y para la salud humana) demanda la prospección de nuevas herramientas, como inductores de resistencia y agentes de control biológico. Sin embargo, estas herramientas serán eficientes en la medida que se complementen con programas

de mejora genética por tolerancia/resistencia a la enfermedad y con nuevos diseños y manejos de los huertos frutales, que den lugar a ambientes que no favorezcan el desarrollo de la enfermedad.

SUMMARY. The project Red FRUTSAN 112RT0441, of the Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), began in 2011 and the network is integrated by

researchers from Spain, Argentina, Bolivia, Brazil, Chile and Uruguay. The objective of FRUTSAN is to advance on scientific and technical knowledge on major diseases and pests affecting stone fruits, in order of jointly optimising integrated control strategies. A compared revision of current situation and knowledge of the bacterial spot of stone fruits an almond (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*) in Spain and South America is presented.

Agradecimientos: Los autores agradecen la financiación de la Red FRUTSAN 112RT0441 (Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo) y del proyecto RTA2011-00140-C03-00 (Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria).

BIBLIOGRAFÍA

- AGRIANUAL, 2013. Anuário da Agricultura Brasileira. São Paulo: AgraFNP. Online: <http://www.agrianual.com.br/secao/culturas/pessegueo>
- Bühlmann, A., Pothier, J. F., Tomlinson, J. A., Frey, J. E., Boonham, N., Smits, T. H. M., Duffy, B., 2013. Genomics-informed design of loop mediated isothermal amplification for detection of phytopathogenic *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* at the intraspecific level. *Plant Pathology* 62: 475–484.
- Carneiro, R. M. D. G., Fortes, J. F., Almeida, M. R. A., 1993. Associação de *Cricomella xenoplax* com a morte precoce do pessegueiro no Rio Grande do Sul. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba-SP 17: 122-131.
- DOCE, 2000. Directiva 2000/29/CE del Consejo de 8 de Mayo de 2000 relativa a las medidas de protección contra la introducción en la Comunidad de organismos nocivos para los vegetales o productos vegetales y contra su propagación en el interior de la Comunidad. *Diario Oficial de las Comunidades Europeas* L169: 1-112.
- DOUE, 2009. Directiva 2009/128/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 21 de octubre de 2009, por la que se establece el marco de la actuación comunitaria para conseguir un uso sostenible de los plaguicidas. *Diario Oficial de la Unión Europea* L309: 71-86.
- EPPO, 2003. Data sheets on quarantine organisms. *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. Online: http://www.eppo.org/QUARANTINE/BACTERIA/Xanthomonas_pruni/XANTRP_ds.pdf
- EPPO, 2014. PQR-EPPO database on quarantine pests. Online: <http://www.eppo.int>
- Fachinello, J. C., Pasa, M. da S., Schmitz, J. D., Betemps, D. L., 2011. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura* 33: 109-120.
- FAO, 2012. Anuario Estadístico de la FAO. Online: <http://www.fao.org>
- Fortes, J. F., Martins, O. M., 1998. Sintomatologia e controle das principais doenças. En: Medeiros, C. A. B., Raseira, M. C. B. (eds.). *A Cultura do Pessegueiro*. Pelotas. Embrapa-CPACT, pp. 243-264.
- Garita-Cambronero, J., Sena-Vélez, M., Palacio-Bielsa, A., Cubero, J., 2014. Draft genome sequence of *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni* strain Xap33, causal agent of bacterial spot disease on almond. *Genome Announcements* 2: e00440-14.
- Leoni, C., 2004. Manejo integrado de enfermedades del duraznero. En: Seminario de Actualización Técnica del Cultivo del Duraznero. Serie Actividades de Difusión N° 381. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Uruguay. pp. 17-24. Online: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-1008.aspx>
- MAGRAMA, 2012. Online: <http://www.magrama.gob.es/es/agricultura/temas/medios-de-produccion/productos-fitosanitarios/registro/menu.asp>
- MAGRAMA, 2013. Anuario de Estadística Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente 2012. Online: <http://www.magrama.gob.es/es/estadistica/temas/publicaciones/anuario-de-estadistica>
- May De Mio, L. L., Garrido, L., Ueno, B., 2004. Doenças de fruteiras de caroço. En: Monteiro, L. B., May De Mio, L. L., Serrat, B. M., Motta, A. C., Cuquei, F. L. (eds.). *Fruteiras de Caroço: uma Visão Ecológica*. Curitiba, UFPR, pp.169-221.
- May De Mio, L. L., Garrido, L., Ueno, B., Fajardo, T. V. M., 2014. Doenças da cultura do pessegueiro e métodos de controle. En: Raseira, M. C. B., Pereira, J. F. M., Carvalho, F. L. C. (eds.). *Pessegueiro*. Brasília, EMBRAPA, pp.357-434.
- MGAP-DIEA. 2015. Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca - Estadísticas Agropecuarias. Encuesta Frutícola de Hoja Caduca. Zafra 2014. Serie Encuestas N° 326.
- Mitidieri, M., Ros, P., 2001. Mancha bacteriana del duraznero. Online: http://anterior.inta.gov.ar/sanpedro/info/doc/prv/mm_007re.htm
- Mitidieri, M., 2012. Enfermedades que afectan al duraznero en la región pampeana. En: González, J., Valentini, G., Gordó, M. (eds.). *Producción del Duraznero en la Región Pampeana*. Ediciones INTA, 248 pp.
- Pagani, M. C., Galione, A., Delpiano, F., 1997. Avances en el control de bacteriosis (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*) en durazneros. En: Jornada de Resultados sobre Protección Vegetal en Frutas. Serie Actividades de Difusión N° 150. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Uruguay. pp. 38-41. Online: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-414.aspx>
- Pagani, C., Silvera, E., 1998. Determinación del momento de infección en fruta de duraznero y control químico de "mancha bacteriana" (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*) en el Uruguay. En: Resultados Experimentales sobre Protección Vegetal en Frutales. Serie Actividades de Difusión, N°178. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Uruguay. pp. 5-11. Online: <http://www.inia.uy/Publicaciones/Paginas/publicacion-444.aspx>
- Pagani, M. C., Leoni, C., Silvera, E., Ritchie, D. F., 2001. Characterization of fruit infection periods for bacterial spot on peach. *Phytopathology* 91 (Suppl.): S68.
- Palacio-Bielsa, A., Roselló, M., Cambra, M. A., López, M. M., 2010. First report on almond in Europe of bacterial spot disease of stone fruits caused by *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. *Plant Disease* 94: 786.
- Palacio-Bielsa, A., Pothier, J. F., Roselló, M., Duffy, B., López, M. M., 2012. Detection and identification methods and new tests as developed and used in the framework of COST873 for bacteria pathogenic to stone fruits and nuts *Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*. *Journal of Plant Pathology* 94 (1 Suppl.): S1.135-S1.146.
- Palacio-Bielsa, A., Cambra, M. A., Cubero, J., Garita-Cambronero, J., Roselló, M., López, M. M., 2014. La mancha bacteriana de los frutales de hueso y del almendro (*Xanthomonas arboricola* pv. *pruni*), una grave enfermedad emergente en España. *PHYTOMA-España* 259: 36-42.
- Ritchie, D. F., Clayton, C. N., 1981. Peach tree short life: A complex of interacting factors. *Plant Disease* 65: 462-469.
- Soria, J. R., 2004. La evaluación de variedades de durazneros y nectarinas en "Las Brujas". En: Seminario de Actualización Técnica en el Cultivo del Duraznero. Programa Fruticultura. Serie de Actividades de Difusión N° 381. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Uruguay.
- Soria, J., Pisano, J., 2014. Variedades de duraznero y nectarina para el Uruguay. En: Manual del Duraznero. La planta y la Cosecha. Boletín de Divulgación N° 108. Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA), Uruguay.
- Valentini, G., 2012. Variedades. En: González, J., Valentini, G., Gordó, M. (eds.). *Producción del Duraznero en la Región Pampeana*. Ediciones INTA, 248 pp.
- Zehr, E. I., Miller, R. W., Smith, F. H., 1976. Soil fumigation and peach rootstocks for protection against peach tree short-life. *Phytopathology* 66: 689-694.